

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



PCT/EP04/51904

BREVET D'INVENTION

REG. 20 OCT 2004

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

INPO

PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 31 AOUT 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Martine PLANCHE".

Martine PLANCHE

BEST AVAILABLE COPY



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

REI dépôt

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété Intellectuelle - Livre VI

cerfa

N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W /260899

26 SEPT 2003 75 INPI PARIS LIEU 0311317 Réserve à l'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Monsieur Vladimir CHAVERNEFF THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand 94117 ARCUEIL Cedex	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 26 SEP. 2003			
Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> 63153			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° N°	Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/>
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N°	Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/>
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DISPOSITIF CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION INTERFEROMETRIQUE A FIBRE OPTIQUE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF		1	
Adresse	Rue	45, rue de Villiers	
	Code postal et ville	92520	NEUILLY-SUR-SEINE
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISSION PIÈCE	RESERVE à l'INPI
DATE	26 SEPT 2003
IEU	75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT	0311317
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

DB 540 W /260899

6 MANDATAIRE	
Nom CHAVERNEFF	
Prénom Vladimir	
Cabinet ou Société THALES	
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel 8325	
Adresse	Rue 31-33, avenue Aristide Briand
	Code postal et ville 94117 ARCUEIL Cedex
N° de téléphone (facultatif) 01.41.48.45.14	
N° de télécopie (facultatif) 01.41.48.45.01	
Adresse électronique (facultatif)	
7 INVENTEUR (S)	
Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE	
Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES	
Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention. (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)	
Vladimir CHAVERNEFF	
VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	

DISPOSITIF CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION INTERFEROMETRIQUE A FIBRE OPTIQUE

La présente invention se rapporte à un dispositif capteur de vitesse de rotation
 5 (gyromètre) interférométrique à fibre optique.

Le dispositif capteur de vitesse de rotation auquel se rapporte l'invention est basé sur un principe interférométrique à deux ondes dans lequel l'un des miroirs est un composant d'optique non linéaire du type miroir à conjugaison de phase. Le système de gyrométrie réalisé à partir de ce capteur repose sur les deux propriétés suivantes
 10 de l'interféromètre qui ont été mises en évidence pour la première fois dans la référence suivante : Ph. Graindorge et al «Fused reciprocity using phase conjugation » in Fiber Optic Rotation Sensors – Springer Verlag, 1982.

Ces propriétés sont les suivantes :

- Si un déphasage réciproque $\delta\varphi_r$ est introduit sur le bras signal, il n'est pas vu par le détecteur ($+\varphi_r - \varphi_r = 0$).
- Si un déphasage non réciproque φ_{nr} est introduit sur le bras signal, on mesure après détection une variation de phase $2\varphi_{nr}$.

Par conséquent, l'interféromètre ne voit que les effets de déphasage non réciproque, ce qui est le cas de l'effet Sagnac, mis à profit pour réaliser un capteur de
 20 vitesse de rotation.

La génération de l'onde conjuguée est réalisée dans le milieu laser lui-même. C'est une source monomode et monofréquence état solide. Des expériences de conjugaison de phase efficaces ont déjà fait l'objet de publications, en particulier dans les matériaux lasers Nd-YAG et Nd-YVO₄ – (Voir : A. Brignon et al « Phase conjugation in a continuous wave diode pumped Nd-YVO₄ laser in Applied Physics B, 1999). Pour réaliser un gyromètre, le faisceau issu du laser est injecté dans une boucle de fibre (de diamètre D et à N spires, ce qui fait que la longueur L de la fibre fibre est: $L = N \times \pi D$).

On connaît des gyromètres à fibre optique monomode à maintien de polarisation.
 30 Une telle fibre optique est relativement difficile à aligner optiquement avec les dispositifs optiques qui doivent lui être couplés.

La présente invention a pour objet un capteur de vitesse de rotation à fibre optique pouvant utiliser une fibre optique à grand cœur, facile à aligner optiquement avec les dispositifs qui lui sont associés.

Le dispositif capteur de vitesse de rotation interférométrique à fibre optique de 5 l'invention comporte une source laser associée à une fibre optique et à un dispositif réalisant l'interférence entre le faisceau de la source laser et le faisceau issu de la fibre optique, et il est caractérisé en ce que la source laser est une cavité optique à milieu laser à gain et qu'il comporte sur le trajet du faisceau de sortie de la cavité laser un dispositif séparateur de faisceaux associé à un dispositif réfléchissant, le 10 faisceau séparé du faisceau de sortie de la cavité laser étant envoyé dans une des extrémités de la fibre optique dont l'autre extrémité est orientée vers le milieu laser à gain, le dispositif séparateur étant suivi d'un détecteur.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par 15 le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est un schéma simplifié d'un capteur interférométrique conforme à l'invention,
- la figure 2 est un schéma simplifié d'un séparateur diffractif pouvant être utilisé dans le capteur de l'invention,
- la figure 3 est un schéma simplifié d'un capteur interférométrique conforme à l'invention, incorporant le séparateur de la figure 2, et
- la figure 4 est un schéma partiel d'un capteur interférométrique conforme à l'invention, utilisant une fibre optique sans maintien de polarisation.

Le dispositif interférométrique schématisé en figure 1 comporte : un laser 25 compact 1, qui est dans le cas présent un milieu à gain constitué par une cavité optique 2 définie entre deux miroirs 3, 4 et pompée par un faisceau 5 émis par des diodes de pompage 5A, un milieu laser 6 étant disposé dans cette cavité 2. Ce laser est monomode et monofréquence et fonctionne en mode continu et polarisé. A l'intérieur de la cavité 2, oscillent deux faisceaux contrapropagatifs 2a et 2b. Sur le 30 trajet du faisceau de sortie 2c du laser 1, on dispose une lame séparatrice 7, et derrière cette lame, dans le prolongement du même trajet, un miroir 8,

perpendiculaire à ce trajet. Le faisceau 2d, prélevé par la lame 7 à partir du faisceau 2c, est injecté dans une extrémité d'une fibre optique 9 en forme de bobine plate, bobinée régulièrement. L'autre extrémité de la fibre 9 est dirigée vers le centre du milieu laser 6 pour y intersecter les faisceaux 2a et 2b. Le faisceau 9a sortant de la fibre 9 en direction du milieu à gain 6 interfère avec les faisceaux 2a et 2b à l'intérieur du milieu 6 en créant un hologramme dynamique. Les faisceaux 2a et 2b, en se diffractant sur cet hologramme, génèrent un faisceau conjugué 2e qui est envoyé dans la fibre 9. En sortant de la fibre 9, ce faisceau 2e traverse la lame 7 et arrive sur un détecteur photoélectrique 10, sur lequel arrive également un faisceau 2c' qui représente la partie du faisceau 2c réfléchie par le miroir 8 et par la lame 7 en direction du détecteur 10. Ces deux faisceaux 2e et 2c' interfèrent entre eux sur le détecteur 10.

L'ensemble décrit ci-dessus constitue l'équivalent d'un interféromètre de Michelson dans lequel l'un des miroirs est un miroir non linéaire constitué par le milieu à gain 6.

Au niveau du photodétecteur 10, si φ est le déphasage entre les deux faisceaux 2e et 2c', l'expression de l'intensité détectée par le détecteur 10 est de la forme : $I_D = I_0 (1 + \cos \varphi)$. La position du miroir 8 est choisie pour réaliser la condition $\varphi = \frac{\pi}{4}$ qui permet de se situer dans la zone de réponse linéaire de l'interféromètre. Dans ces conditions le signal I_D issu du photodétecteur 10 s'écrit :

$$I_D = \frac{I_0}{2} x \delta\varphi_{NR}$$

où $\delta\varphi_{NR}$ est le déphasage non réciproque dû à l'effet Sagnac dans la boucle de fibre 9 de N spires.

$$\delta\varphi_{NR} = \frac{4\pi LD}{\lambda_0 c_0} x \Omega$$

25 avec :

Ω = vitesse de rotation angulaire de la bobine de fibre optique 9

D = diamètre de la bobine de fibre optique 9

L = longueur de la fibre optique

λ_0 = longueur d'onde du laser 1 dans le vide

c_0 = vitesse de la lumière dans le vide.

Un autre mode de réalisation du dispositif de l'invention est représenté en figures 2 et 3, la figure 2 représentant un détail de l'ensemble schématisé en figure 3.

- 5 Le dispositif capteur représenté en figure 3 est similaire à celui de la figure 1, à la différence principale que le séparateur de faisceau 7 est remplacé par un réseau de diffraction fonctionnant à la fois en mode réflexion et en mode transmission. Ce dispositif capteur comporte essentiellement une cavité laser 15, similaire à la cavité 2, une bobine plate de fibre optique 14 et un dispositif 13 séparateur de faisceaux et
- 10 réfléchissant, représenté en détail en figure 2.

Plus précisément, comme indiqué sur la figure 2, le faisceau L issu de la cavité laser 15 est diffracté dans la direction $\pm \theta$, respectivement par réflexion (faisceau R) et transmission (faisceau D). Ce type de réseau est par exemple réalisé de façon connue en soi par des techniques d'inscription holographique dans des matériaux photopolymères (réseau par variation d'indice photoinduite ou réseau de relief. Ces deux types de réseaux peuvent être également multiplexés dans le même volume de matériau photopolymère. Le faisceau réfléchi R est couplé dans la bobine de fibre 14 (figure 3) puis conjugué après réflexion sur le miroir non linéaire qui constitue le milieu laser 16 (similaire ou identique à celui de la cavité 2 de la figure 1). Le faisceau conjugué C est envoyé dans la fibre 14 et interfère dans le réseau 13 avec le faisceau L issu de la source. L'intérêt de ce composant diffractif est de pouvoir réaliser facilement la condition $\varphi = \frac{\pi}{4}$ pour la détection interférométrique.

En interférant avec le faisceau L, le faisceau conjugué C crée une structure de franges dont la période correspond au pas du réseau par transmission. Dans ces conditions, sur le détecteur 17 interfèrent le faisceau C directement transmis par le réseau et le faisceau D issu de la diffraction de L par le réseau 13. Il est connu des phénomènes de couplage de faisceaux par les réseaux que le déphasage entre les deux faisceaux D et C est contrôlé par la position du réseau par rapport aux franges d'interférences entre C et L. Pour réaliser la condition de détection linéaire, on assurera un décalage spatial du réseau d'un quart de période lors de son inscription.

Le capteur de vitesse de rotation par interféromètre à fibre conforme à l'invention est compatible avec l'utilisation d'une fibre multimode. Dans la mesure où l'on réalise une fonction de mélange à quatre faisceaux dans la cavité (à savoir : les faisceaux L et L', qui se propagent en sens contraires dans la cavité 15 et les faisceaux R et C), le faisceau issu de la fibre peut être multimode : par conjugaison de phase on retrouve un faisceau C à onde plane qui est identique à celui injecté dans la bobine de fibre optique.

Le principe de fonctionnement du dispositif de l'invention est également compatible avec l'utilisation d'une fibre optique sans maintien de polarisation.

10 Comme précisé dans la référence : « Gain grating analysis of a self starting... » de P. Sillard et al. IEEE – J.Q.E March 98, cette fonction est obtenue en introduisant dans la cavité 15 (figure 4) une première lame quart d'onde 18 entre le miroir 19 et le milieu laser à gain 16, une deuxième lame quart d'onde 20 de l'autre côté du milieu laser 16, et un polariseur 21 entre la lame 20 et le deuxième miroir de cavité 22. Les 15 deux lames quart d'onde 18, 20 et le polariseur 21 permettent de créer deux faisceaux laser contrapropagatifs, de polarisations circulaires et orthogonales entre elles (à savoir : polarisations circulaire gauche et circulaire droite). Il est connu par ailleurs que le mélange à quatre faisceaux avec ces deux faisceaux polarisés circulairement permet de réaliser de la conjugaison de phase vectorielle, c'est-à-dire 20 que la dépolarisation de la fibre se trouve ainsi corrigée.

Selon des exemples de réalisation du dispositif de l'invention, le milieu laser était en Nd-YAG puis en Nd-YVO₄, la fibre était monomode, puis multimode à faibles pertes, et le composant diffractif était réalisé par holographie sur un matériau photopolymère.

25 Les avantages du dispositif de l'invention sont les suivants :

- il met en œuvre une source laser continue et compacte, pompée par des diodes et servant à la génération d'une onde conjuguée par mélange à quatre faisceaux intracavité.
- l'utilisation d'un séparateur de faisceau réalisé par un composant diffractif 30 permet de fonctionner dans la région de réponse linéaire de l'interféromètre.

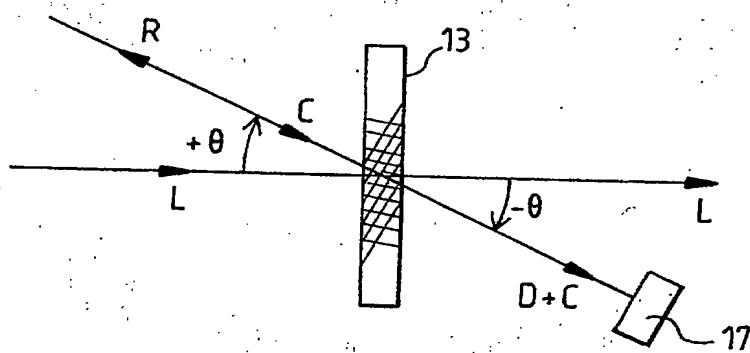
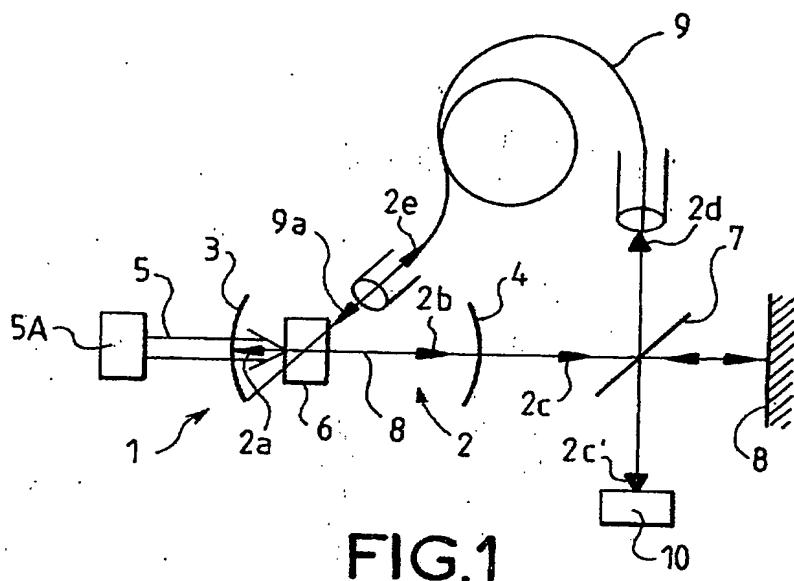
- le dispositif peut utiliser une bobine de fibre multimode ou de fibre monomode sans maintien de polarisation.
- l'interféromètre n'est sensible qu'aux effets de déphasage non réciproques.
En particulier son point de fonctionnement n'est pas affecté par les variations lentes
5 de chemin optique dans la bobine de fibre (dues à des variations de température).

REVENDICATIONS

1. Dispositif capteur de vitesse de rotation interférométrique à fibre optique comportant une source laser (2, 15) associée à une fibre optique (9,14) et à un dispositif réalisant l'interférence entre le faisceau de la source laser et le faisceau issu de la fibre optique, caractérisé en ce que la source laser est une cavité optique à milieu laser à gain (6, 16) et qu'il comporte sur le trajet du faisceau de sortie de la cavité laser un dispositif séparateur de faisceaux (7, 13) associé à un dispositif réfléchissant (8, 13), le faisceau (2d, R) séparé du faisceau de sortie de la cavité laser (2c, L) étant envoyé dans une des extrémités de la fibre optique dont l'autre extrémité est orientée vers le milieu laser à gain, le dispositif séparateur étant suivi d'un détecteur (10, 17).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif réfléchissant associé au séparateur est distinct de celui-ci et est un miroir (8).
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le séparateur est un réseau de diffraction fonctionnant à la fois en réflexion et en transmission (13) et joue ainsi le rôle de dispositif réfléchissant.
4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la position dudit miroir est réglée pour obtenir un déphasage de $\pi/4$ entre le faisceau réfléchi par ledit miroir et le faisceau provenant de la fibre optique.
5. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réseau est un réseau de variation d'indice.
6. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réseau est un réseau de relief.
7. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le réseau est un réseau résultant du multiplexage d'un réseau de variation d'indice et d'un réseau de relief.
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fibre optique est une fibre multimode.
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on dispose dans la cavité laser deux lames quart d'onde (18, 20) et un polariseur (21).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la fibre optique est une fibre sans maintien de polarisation.

1/2



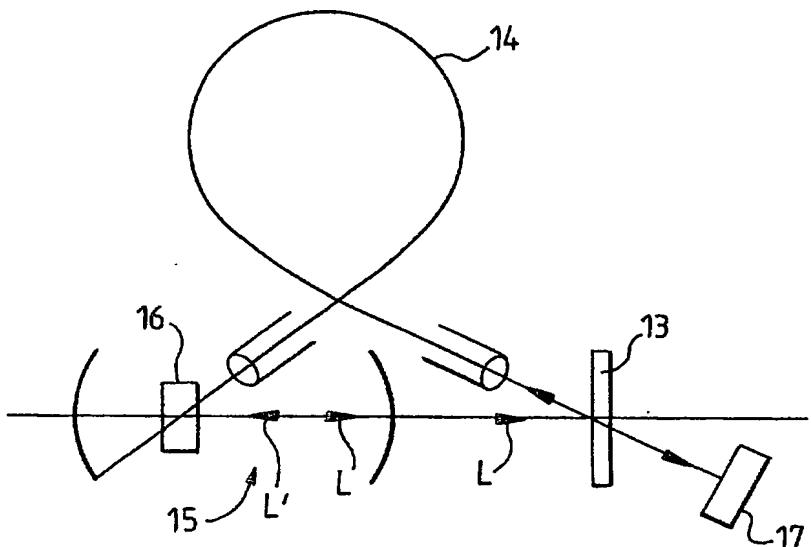


FIG.3

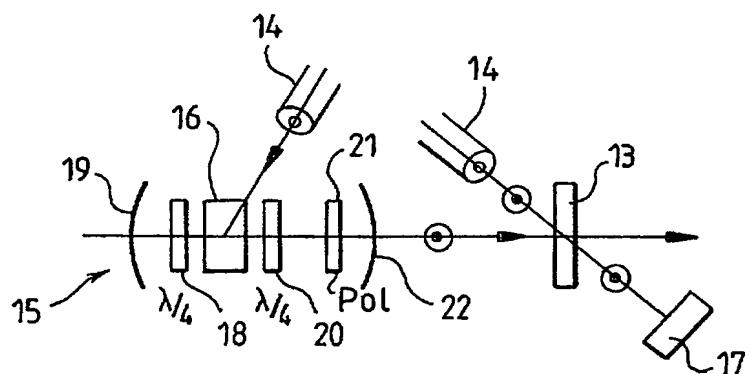


FIG. 4

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1... / 1...

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		63153
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03/11/31X
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
DISPOSITIF CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION INTERFEROMETRIQUE A FIBRE OPTIQUE		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
THALES		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		HUIGNARD
Prénoms		Jean-Pierre
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand
	Code postal et ville	94117 ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		BRIGNON
Prénoms		Arnaud
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property 31-33, avenue Aristide Briand
	Code postal et ville	94117 ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
126 SEP. 2003		
Vladimir CHAVERNEFF		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.